D 403

ONDERZOEK NAAR DE GASTHEERKWALITEIT EN DE INVLOED ERVAN OP RHINANTHUS ANGUSTIFOLIUS

verslag plantenoecologie
herman rongen
1985

Rijksuniversiteit Groningen
Bibliotheek Biologisch Centrum
Kerklaan 30 — Postbus 14
9750 AA HAREN

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING		1
HOOFDSTUK EEN	: Inleiding	2
	Algemeen	2
	Fosfaatontsluiting	3
	Kalium-reeks	5
HOOFDSTUK TWEE	: Eerste proef P-ontsluitend vermogen	6
	2.1 Materialen en methoden	6
	2.2 Resultaten en discussie	7
HOOFDSTUK DRIE	: Tweede proef P-ontsluiting	
	Bouma-Janssen methode	9
	3.1 Materialen en methoden	9
	3.2 Resultaten en discussie	10
HOOFDSTUK VIER	: Kalium-reeks	13
	4.1 Materialen en methoden	13
	4.2 Resultaten en discussie	14
	Zaaddoos/bloemproduktie versus drooggewicht	14
	Zaaddoos/bloemproduktie versus K-concentratie	14
	Chemische analyses	21
	Slotopmerkingen	22
HOOFDSTUK VIJF	: Literatuur	24
BIJLAGEN		26

SAMENVATTING

In dit verslag wordt op twee manieren de invloed van de kwaliteit van de gastheer in relatie met twee aspecten van de bodemvruchtbaarheid onderzocht. Dat wil zeggen, wordt de gastheerkwaliteit bepaald door de beschikbaarheid van de nutriënten of door de groeikwaliteiten van de gastheer?

In de eerste relatie handelt het om de Grote ratelaar (Rhinanthus angustifolius), Vlinderbloemigen en fosfaat. Vlinderbloemigen verlagen de pH van de rhizosfeer wanneer effectieve fixatie van atmosferische stikstof plaatsvindt m.b.v. Rhizobium-bacteriën. Deze pH-verlaging is een gevolg van het feit dat Vlinderbloemigen in geval van effectieve stikstoffixatie geen nitraat uit de bodem opnemen en dus relatief meer kationen opnemen. Op basis van equivalentie verlagen ze dan de pH van de rhizosfeer. Ook Boekweit (Fagopyrum esculentum) verlaagt de pH van de rhizosfeer. Op deze manier kunnen Vlinderbloemigen en Boekweit moeilijk oplosbaar Ca-apatiet (ruw fosfaat, RP) ontsluiten.

De bedoeling is om de invloed van (kwalitatief) verschillende gastheren m.b.t. het P-ontsluitend vermogen, op de groei van de Ratelaar na te gaan. Deze relatie is op twee manieren onderzocht.

Uit de eerste proef kon slechts geconcludeerd worden dat RP uit Marokko beter ontsloten wordt door Boekweit en Vlinderbloemigen dan RP uit Florida en veel beter dan RP uit Senegal.

De tweede proef is mislukt, waarschijnlijk door een verkeerde opzet, waardoor geen conclusies getrokken kunnen worden.

De tweede relatie kwaliteit gastheer - gast - bodemvruchtbaarheid is een zogenaamde K-reeks met een langzaam groeiende soort van arme bodems (Deschampsia flexuosa) en een snel groeiende soort representatief voor rijkere bodems (Lolium perenne) als gastheer. Een verhoogde K-concentratie geeft duidelijk een verhoogde opbrengst te zien bij beide gastheren. De Ratelaar vertoont een maximum in de opbrengst. Lolium geeft een duidelijk hogere opbrengst dan Deschampsia zowel bij gast als bij gastheer. Kalium is de beperkende factor wat opbrengst betreft bij de lagere K-concentraties.

HOOFDSTUK EEN
INLEIDING

A l g e m e e n

Rhinanthus angustifolius (Grote ratelaar) is een éénjarige, niet gastheerspecifieke halfparasiet (Ter Borg 1972, Mizianty 1975) uit de Helmkruidfamilie (Scrophulariaceae). Hij komt voor in veel verschillende habitats en parasiteert op kwalitatief nogal verschillende gastheren. De grootte per individu en het aantal individuen per Ratelaar-populatie blijken echter in de meeste gevallen sterk afhankelijk van de bodemvruchtbaarheid (De Hullu 1985). Door Staatsbosbeheer wordt bijv. in het Stroomdallandschap Drentse A op bepaalde graslanden verschralens beheer toegepast (maaien en afvoeren zonder bemesting) om bloemrijker graslanden te creëeren (Van Duuren et al. 1981). In het verloop van de tijd waarin verschralend beheer wordt toegepast kunnen drie fasen onderscheiden worden (De Hullu 1985). In de 1ste fase (tot 6 jaar na het begin van het verschralend beheer) is er een opbouw van de Ratelaarpopulatie (lage dichtheid). Daarna volgt een periode waarin de Ratelaar overheerst (2de fase, 6-12 jaar, bedekkingsgraad 10-25%). In de 3de fase neemt de omvang van de populatie af tot een laag nivo waarin echter grote aantalfluctuaties kunnen optreden. Dat deze successiereeks niet het enige gevolg is van de veranderde bodemvruchtbaarheid blijkt ook uit de veranderende soortensamenstelling en vegetatiestructuur tijdens die afnemende bodemvruchtbaarheid.

Omdat de Ratelaar een verschillende opbrengst vertoont bij verschillende gastheren,kan dit ook van invloed zijn op de omvang van de populatie. Snelgroeiende soorten van vruchtbare bodems blijken een betere gastheer te zijn voor Ratelaars dan langzame groeiers van armere bodems (De Hullu 1984).

Verschillen in groei bij verschillende gastheren kan ook het gevolg zijn van goede of minder goede verbindingen tussen gast en gastheer.

Deze verbindingen (haustoriën) worden na 1à2 weken door de Ratelaar gevormd vanaf de eigen wortels naar het wortelsysteem van de gastheerplant. Via deze haustoriën worden de xyleemvaten van beide planten met elkaar verbonden en worden

passief anorganische (en een weinig organische) stoffen door de parasiet aan de gastheer onttrokken. De plant kan met behulp van fotosynthese autotroof door het leven gaan maar houdt een gering ontwikkeld wortelsysteem. De plant heeft dus alle baat (d.w.z. hogere produktie en reproduktie) bij het halfparasitisme (Klaren 1975).

Doel van dit onderzoek is om na te gaan in hoeverre de kwaliteit van de gastheer, fosfor en kalium van invloed zijn op de produktie en reproduktie van de Ratelaar. Dit onderzoek kan gezien worden als een vervolg op het onderzoek van De Hullu (1985) waarin gebleken is dat Vlinderbloemigen goede gastheren waren doordat ze stikstof fixeerden en daardoor beter in staat waren P op te nemen. Daarnaast zijn de effecten van N en P variatie bestudeerd. Aangezien N, P en K de belangrijkste macro-ion variabelen in graslanden zijn wordt vooral K (gekoppeld aan de gastheerkwaliteit) en daarnaast ook nog P bekeken.

De doelstellingen van dit onderzoek zijn:

1. De mogelijke betekenis van het P-ontsluitend vermogen van gastheren voor de produktie en reproduktie van de Ratelaar.
2. De invloed van de gastheerkwaliteit en K-beschikbaarheid op de groei en bloei van de Ratelaar.

F o s f a a t o n t s l u i t i n g

Uit onderzoek van De Hullu (1984) is gebleken dat bij gastheren afkomstig van minder vruchtbare bodems de Ratelaar alleen een hoge produktie vertoont wanneer de gastheer een Vlinderbloemige is. Bij gastheren van vruchtbaarder bodems vertonen de Ratelaars ook bij niet-Vlinderbloemigen een grote produktie. Een oorzaak zou de gunstige invloed van de stikstoffixatie van Vlinderbloemigen kunnen zijn.

Alle planten beïnvloeden hun rhizosfeer door opname en uitscheiding van stoffen. Afhankelijk van de omstandigheden kan de pH van de rhizosfeer verhoogd of verlaagd worden of gelijk blijven. Deze eventuele pH-verandering kan een sterke invloed hebben op processen die de nutriëntvoorziening van de plant bepalen. Bij nitraatvoeding nemen Monocotylen meer anionen dan kationen op en op basis van equivalentie verhogen

ze de pH van de rhizosfeer (Deist 1971). Ook de meeste Dicotylen verhogen de pH van de rhizosfeer. Sommige Dicotylen hebben geen invloed op de pH van de rhizosfeer (bijv. de Ganzevoetfamilie). Een enkele verlaagt zelfs de pH (Boekweit)(Ray en Van Diest 1979). Er zijn aanwijzigingen dat dit verschijnsel ook bij enkele dicotyle wilde soorten voorkomt (Papaver, Agrostemma)(Kuiper en Sikkema 1977). Dergelijke soortspecifieke verschillen verdwijnen wanneer NH_4^+ als stikstofbron wordt aangeboden. Dan worden meer kationen dan anionen opgenomen en vanwege de electroneutraliteit wordt H_3O^+ uitgescheiden. Het gevolg is een daling van de pH.

Anguilar Santelises (1981) heeft Boekweit en een aantal Vlinderbloemigen onderzocht op hun vermogen om door pH-verlaging ruw fosfaat (Rock-phosphate) te ontsluiten. Vlinderbloemigen kunnen een symbiose aangaan met Rhizobium-bacteriën en nemen in geval van een effectieve atmosferische stikstoffixatie geen nitraat uit de bodem op. Nitraat remt zelfs wortelknolvorming en effectieve stikstoffixatie. Het gevolg is dat er minder anionen dan kationen opgenomen worden en een verlaging van de pH is het resultaat (Nyatsanga en Pierre 1973, Israel en Jackson 1978, Anguilar S. en Van Diest 1981). RP kan dus een goede fosfaatbron zijn voor Vlinderbloemigen bij effectieve stikstoffixatie en voor Boekweit door de pH-verlaging (Anguilar S. 1981, Dean en Fried 1953, Ray en Van Diest 1979). Dit in tegenstelling tot Tarwe (Ray en Van Diest 1979) en waarschijnlijk ook alle andere grassen. Onbekend is echter of de pH-verlaging door wilde Vlinderbloemigen voldoende is om fosfaat te ontsluiten. In een gemengde cultuur van Lupine en Tarwe is echter gebleken dat zelfs de niet-vlinderbloemige voldoende door de Vlinderbloemige ontsloten fosfaat opneemt (Domontowitsch en Schestakow 1929). Vooral in arme graslanden met weinig direct opneembaar P is dit vermogen gunstig voor de plant (en dus ook voor de eventuele parasiet).

Doel van dit onderzoek is het fosfaatontsluitend vermogen van Vlinderbloemigen (met en zonder Rhizobium) en Boekweit te testen en de invloed daarvan op de halfparasiet Rhinanthus angustifolius te bestuderen.

De vraagstellingen daarbij zijn:

1. Verlagen "wilde" Vlinderbloemigen daadwerkelijk de pH

van de rhizosfeer en dus van de omgeving?

2. Is het gevolg van deze eventuele pH-verlaging een verhoogde P-opname?
3. Komt deze eventuele verhoogde P-opname ook ten goede aan de Ratelaar?

K a l i u m - r e e k s

Door De Hullu (1985) is de invloed van kwalitatief verschillende gastheren op de Ratelaar onderzocht m.b.t. de nutriënten N en P. De kwalitatief sterk verschillende gastheren waren Lolium perenne (N en P-reeks) en de langzaam groeiende soorten Festuca ovina (N-reeks) en Deschampsia flexuosa (P-reeks). Een toename van de N-concentratie in de voedingsoplossing gaf een groter aantal zaaddozen per Ratelaarplant op beide gastheren te zien. Hetzelfde gold in minder mate voor fosfaat. Lolium perenne als gastheer in de N-reeks gaf het hoogste aantal te zien.

Of nog andere voedingsstoffen van invloed zijn op de groei is toen niet bestudeerd. In dit experiment wordt een K-reeks getest. Voor deze K-reeks worden Lolium perenne (snel groeiende soort) en Deschampsia flexuosa (langzaam groeiende soort) gebruikt. Lolium perenne is afkomstig van vruchtbare bodems en dus waarschijnlijk een goede gastheer (De Hullu 1984). Lolium perenne vertoont een positieve correlatie tussen stikstofconcentratie en produktie (bradshaw et al. 1964). Dit geldt waarschijnlijk ook voor P en wellicht voor K (Dunlop 1979). Dit in tegenstelling tot Deschampsia flexuosa. Voor N en P geldt hier dat de responscurve veel minder afhankelijk is van de concentratie (Bradshaw et al. 1964, Rorison 1969, Wild et al. 1979).

Met dit experiment zal aangetoond worden of (en in hoeverre) de groei van de Ratelaar door de K-concentratie beïnvloedt wordt of door de groei van de gastheer.

HOOFDSTUK TWEE
EERSTE PROEF P-ONTLUITEND VERMOGEN

2.1 Materialen en methoden

Als Vlinderbloemigen werden een aantal soorten gekozen waarvan het bekend is dat het goede gastheren zijn voor de Ratelaar (De Hullu 1984) en waarvan verondersteld wordt dat het rhizosfeer verzurend effect dusdanig is dat het voor voldoende P-ontsluiting zou kunnen zorgen (mits natuurlijke effectieve Rhizobium-enting). Verder werd Fagopyrum esculentum (Boekweit, zaad van oogst 1976) gebruikt omdat deze in alle gevallen de pH van de rhizosfeer verlaagt en dus waarschijnlijk voldoende P ontsluit (zie inleiding en McLachlan 1976).

De gebruikte Vlinderbloemigen zijn Trifolium pratense (Rode klaver, handelszaad Fa. Kieft 1984), T. repens (Witte klaver, Kieft 1984), Lotus corniculatus (Rolklaver, Kieft 1978), Ornithopus sativus (Serradelle, Kieft 1984), Lupinus luteus (Gele lupine, handelszaad Oostenrijk 1977), Onobrychis viciifolia (Esparcette, zaad afkomstig van de vijver van Plantenoecologie 1982) en Anthyllis vulneraria (Wondklaver, Kieft 1978).

Gastplant was Rhinanthus angustifolius (Grote ratelaar) afkomstig van Smalbroek, Drenthe (vóór Top 1983). Dit zaad werd voor gebruik eerst ca. 2 maanden gestratificeerd bij 4°C.

Bovengenoemde planten werden gekweekt in 15-cm. potten in proeftuingrond (arm aan beschikbaar P) die bijgemest werd met een nutriëntenmengsel volgens Jarvis en Robson (1971), echter zonder KH_2PO_4 en $CoSO_4.7H_2O$, maar met $CoCl_2.6H_2O$ en Fe(III)citraat. Voor de volledige samenstelling zie Bijlage I. De acht bovengenoemde soorten werden eerst gebruikt om de groei (zonder Ratelaar) op verschillende soorten fosfaat te testen. De verschillende fosfaatsoorten die in fijngemalen vaste vorm door de grond gemengd werden zijn:

1. geen fosfaat
2. KH_2PO_4 (direct opneembaar)
3. RP uit Youssouffia, Marokko (relatief gemakkelijk opneembaar; Anguilar S. 1981)
4. RP uit Pebble, Florida, V.S.
5. RP uit Thies, Senegal

Toegevoegd werd eenmalig 130 mg P per kg droge grond. Voor de juiste samenstelling van de RP-soorten zie Bijlage II. Stikstof werd gegeven als een wekelijkse gift van 840 mg $Ca(NO_3).4H_2O$ (dit komt overeen met 100 mg N per week). De watergift (gedemineraliseerd water) was zodanig geregeld dat deze 60 - 80 % van de verzadiging van de grond bedroeg.

Na acht weken werden de planten geoogst en het drooggewicht bepaald.

Dit experiment vond in viervoud plaats in een klimaatkamer waar de volgende condities heersten: 16 uur licht (gemiddeld over de klimaatkamer en 8 weken 390 W/m^2, echter per standplaats variërend van 270 tot 440 W/m^2 en in de tijd afnemend met ca. 10 % per 2 maanden). De standplaatsvariatie werd opgeheven door rouleren van de planten. De temperatuur tijdens de lichtperiode bedroeg 23°C en tijdens de donkerperiode 15°C. De luchtvochtigheid bedroeg resp. 70 en 90 %.

2.2 Resultaten en discussie

Tabel 1 geeft de groei van de verschillende soorten met verschillende soorten fosfaat weer. Het RP uit Senegal blijkt in 7 van de 8 gevallen nog minder opbrengst te geven dan geen fosfaatgift. Voorts blijkt KH_2PO_4 zoals verwacht de hoogste produktie te leveren. Ondanks het feit dat geen inoculatie met Rhizobium heeft plaatsgevonden geeft Tabel 1 toch verschillende resultaten voor de verschillende soorten RP, waarbij het RP uit Youssouffia, Marokko als beste uit de bus komt.

Echter al na zo'n 3 à 4 weken was gebleken dat de planten in de klimaatkamer nauwelijks de normale grootte zouden berei-

Tabel 1. Drooggewichten van 8 verschillende plantesoorten gekweekt op 5 soorten fosfaat, zonder enting met Rhizobium. Gewichten in gram/plant.

Soort	geen P	KH_2PO_4	RP uit: Marokko	Florida	Senegal
Fagopyrum	6.18	9.32	6.98	7.01	5.07
Lupinus	1.52	2.55	1.64	1.69	0.95
Lotus	0.30	2.64	0.89	0.40	0.16
Onobrychis	0.15	0.53	0.33	0.22	0.13
Anthyllis	0.65	1.18	1.06	0.83	0.97
Trifolium r.	0.57	2.12	1.31	0.34	0.51
Trifolium p.	0.51	0.86	1.27	0.35	0.39
Ornithopus	0.94	1.33	1.49	1.26	1.35

ken. Zelfs de planten met KH_2PO_4 als fosfaatbron bleven veel te klein. De experimenten die daarna gepland waren (dezelfde proef maar nu met Rhizobium-enting (en dus N_2-voeding i.p.v. nitraat), dezelfde twee proeven met Ratelaars en chemische analyses) zijn afgelast en gezocht is naar een betere methode om de P-ontsluiting te meten.

De enige conclusie die uit deze resultaten getrokken kan worden is een volgorde van beschikbaarheid van P voor deze planten in de beschreven situatie. Van ontsluiting kan waarschijnlijk niet gesproken worden omdat de planten in deze situatie de pH van hun rhizosfeer niet verlagen en misschien wel verhogen (behalve Boekweit). Waarschijnlijk wordt dat gedeelte van het RP gebruikt dat ook in neutraal of licht basisch milieu oplost. KH_2PO_4 blijkt echter de beste resultaten te geven gevolgd door het RP uit Marokko (voor 6 van de 8 planten; Boekweit en Gele lupine niet). Van dit RP was inderdaad bekend dat het redelijk goed beschikbaar (ontsluitbaar) was voor Vlinderbloemigen (Anguilar S. 1981). Van de drie soorten RP blijkt "Florida" bij 2 soorten (Boekweit en Gele lupine) het beste resultaat te geven.

Kwalitatief zijn ook de wortels van de planten bekeken. Bij alle soorten (en alle fosfaatsoorten) is het merendeel van de wortels langs de zijkant van de pot gesitueerd en bij de kleinere planten (allemaal behalve Boekweit en Gele lupine) ook in de onderste helft van de pot. Dit is het zogenaamde 'bloempoteffect' en kan duiden op een tekort aan zuurstof.

Als globale volgorde van de RP-soorten kan dus Marokko, Florida en Senegal gegeven worden ook al is dit sterk afhankelijk van de omstandigheden en de gebruikte plantesoort.

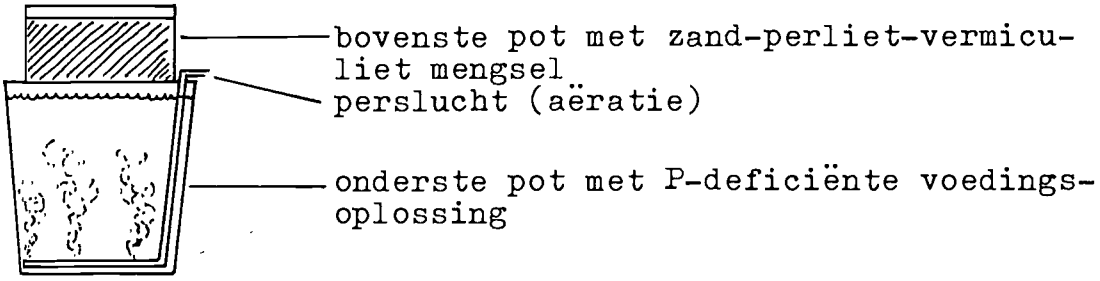
Verbetering van het experiment moet waarschijnlijk gezocht worden in een betere, luchtigere potgrond en een betere bemesting, daar dat waarschijnlijk de oorzaak van de slechte groei is geweest.

Een alternatieve manier is onderzocht, de zogenaamde Bouma-Janssen dubbele pot methode en deze wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

HOOFDSTUK DRIE
TWEEDE PROEF P-ONTSLUITING: BOUMA-JANSSEN METHODE

3.1 Materialen en methoden

Een alternatieve methode om het P-ontsluitend vermogen te onderzoeken is de zogenaamde Bouma-Janssen dubbele pot methode (Muller 1979)(Figuur 1).



Figuur 1. Opstelling voor de Bouma-Janssen dubbele pot methode

De kiemplantjes werden opgepot in de bovenste pot met een 1:1:1 zand:perliet:vermiculiet mengsel. Dit mengsel bevatte bovendien ofwel 200 kg/ha $Ca(H_2PO_4)_2$ (=CP) ofwel 200 kg/ha RP uit Senegal. Dit betekent in beide gevallen een P-gift van 23.1 mg P per pot. De onderste pot bevatte een P-deficiënte voedingsoplossing (pH 6) volgens Sloger (1969) echter zonder KH_2PO_4 en Fe-chelaat sequestreen, maar met Fe-EDDHA. Voor de juiste samenstelling zie Bijlage III. In geval van inoculatie met Rhizobium bevatte de voedingsoplossing 2 ppm NH_4NO_3-N en zonder inoculatie 56 ppm N.

De gebruikte plantesoorten waren Fagopyrum esculentum, Lupinus luteus, Trifolium repens, Anthyllis vulneraria en Ornithopus sativus. Voor afkomst zaad zie hoofdstuk 2. De gebruikte Rhizobium-stammen waren Rhizobium trifoli K8 (voor Witte klaver), R. lupini W4P (voor Gele Lupine) en een mengsel van R. trifoli K8, R. lupini W4P en R. meliloti A24 (voor Wondklaver en Serradelle). Deze stammen werden beschikbaar gesteld door Dr. Ir. T.A. Lie (Laboratorium voor Microbiologie, Landbouwhogeschool te Wageningen).

Water werd dagelijks zo voorzichtig mogelijk gegeven om evt. doorlekken van P te voorkomen. Tweemaal per week werd

de pH van de voedingsoplossing gemeten. De proef werd uitgevoerd in triplo (in totaal dus 54 Bouma-Janssen potten) en na 8 weken werd geoogst en het drooggewicht bepaald.

3.2 Resultaten en discussie

Ook uit deze proef is gebleken dat na 1 à 2 weken de planten nog nauwelijks groeiden. De oorzaak van de slechte groei is o.a. te wijten geweest aan de voedingsoplossing. Deze voedingsoplossing bevatte aanvankelijk waarschijnlijk een te hoge concentratie ijzer waardoor de planten niet wilden groeien en sommige wortels zelfs gedeeltelijk afstierven (vooral Boekweit en Gele lupine, de planten met de grootste zaden, die dus het snelste de voedingsoplossing bereikt hadden). Nadat deze oplossing vervangen was door een nieuwe voedingsoplossing (identiek aan de vorige maar nu met 0.05 mg/l Fe-rexenol i.p.v. Fe-EDDHA) is het experiment voortgezet.

Na 9 weken is geoogst en zijn de drooggewichten bepaald. Ook bij deze proef zijn de vervolgproeven geschrapt (dezelfde proeven mét Ratelaars en chemische analyses). De rest van de resultaten (drooggewicht, pH-daling en kwalitatieve beoordeling van de wortels) geeft een dusdanig beeld van de proef dat vrijwel geen enkele conclusie hieruit getrokken kan worden (Tabel 2).

De Boekweitplanten blijken op RP zelfs beter te groeien dan op CP. De pH-daling bij RP is iets groter dan die bij CP (resp. 1.1 en 1.4 pH-eenheden daling; voor deze uitgebreide gegevens zie Bijlage IV).

Gele lupine: sterkste groei bij nitraatvoeding, geen verschil in groei tussen RP en CP (ook bij N_2-voeding niet). De pH-daling bij N_2-voeding is minder dan 0.5 pH-eenheden, bij nitraat-RP-voeding iets meer en bij nitraat-CP-voeding meer dan 2pH-eenheden.

Witte klaver: beste groei bij CP (zowel nitraat- als N_2-voeding). De grootste pH-daling bij N_2-CP-voeding, vervolgens bij nitraat-CP. Minste pH-daling bij N_2-RP-voeding.

Wondklaver: beste groei nitraatvoeding. Sterkste pH-daling N_2-CP, daarna nitraat-CP en nitraat-RP.

Serradelle: beste groei CP. Nauwelijks pH-daling bij N_2-

Tabel 2. Drooggewichten van vijf verschillende planten (in gr/pl, kolom 4) gekweekt op 2 N- en 2P-bronnen. Kolom 5 geeft de pH-daling in de voedingsoplossing (-:pH-stijging 0-½; 0:pH-daling 0-½; +: ½-1; ++:1-1½; +++:pH-daling groter dan 1½). Kolom 6 geeft een kwalitatieve beoordeling van de wortels (-: geen wortelgroei in de onderste pot; 0: net wel/niet; +: wortelgroei in de voedingsoplossing).

Plant	N-bron	P-bron	DW	pH	Wortels
Fagopyrum	nitraat	RP	1.86	++	+
		CP	0.51	++	0
Lupinus	nitraat	RP	1.36	+	-
		CP	1.14	+++	-
	N_2	RP	0.37	0	-
		CP	0.34	0	-
Trifolium	nitraat	RP	0.22	+	-
		CP	1.03	++	-
	N_2	RP	0.37	0	0
		CP	1.02	+++	-
Anthyllis	nitraat	RP	0.33	+	-
		CP	0.19	++	-
	N_2	RP	0.03	0	-
		CP	0.09	++	-
Ornithopus	nitraat	RP	0.10	0	-
		CP	0.87	++	0
	N_2	RP	0.04	0	-
		CP	0.66	-	0

voeding en weinig (0.5 pH-eenheden) bij nitraatvoeding.

Er blijkt dus geen verband te bestaan tussen groei en pH-daling, tussen groei en P-bron of tussen pH-daling en N-bron. Deze verbanden waren wel nodig geweest om conclusies te trekken over de P-ontsluiting van Vlinderbloemigen en Boekweit. Boekweit blijkt zelfs beter te groeien op RP dan op CP, terwijl de pH-daling in beide gevallen ongeveer vergelijkbaar is. Bij nitraatvoeding zou men geen pH-daling (evt. zelfs een pH-stijging) verwachten. Toch wordt dit bij alle groepen gevonden (o.a. een sterke daling bij Gele lupine met CP-voeding en Boekweit).

Bij N_2-voeding verwacht men juist pH-daling (in geval van effectieve stikstoffixatie door Rhizobium-bacteriën). Deze wordt in veel gevallen niet gevonden (o.a. Gele lupine en Serradelle). Er zijn dus waarschijnlijk nergens effectieve wortelknollen gevormd.

De wortelgroei blijkt slechts bij één groep planten (Boekweit met RP-voeding) tot in de voedingsoplossing te reiken. Bij 4 andere groepen net niet (zie Tabel 2). Bij de overige

groepen zijn de wortels nog niet door de bovenste pot heengegroeid. Bij enkele Lupine's bleken na het afsterven van een deel van de wortels na 1 à 2 weken pas na 9 weken (dus bij de oogst) weer nieuwe wortels onder uit de bovenste pot te komen.

Waarschijnlijk heeft ook het feit dat de bovenste pot geen voedingsstoffen bevatte (behalve fosfaat) te maken met het slechte presteren van de planten. Slechts de planten met grote zaden (Boekweit en Gele lupine) bleken in het begin nog wel te willen groeien. De planten met kleinere zaden hadden waarschijnlijk te weinig reservevoedsel om door de bovenste pot heen te groeien.

Er kan dus slechts geconcludeerd worden dat de Bouma-Janssen dubbel pot methode op deze manier uitgevoerd niet de juiste manier is om P-ontsluiting te onderzoeken. Waarschijnlijk is het beter om de planten te voorzien van een startkapitaal aan voedingsstoffen in de bovenste pot om de proef beter te laten lukken.

HOOFDSTUK VIER
KALIUM-REEKS

4.1 Materialen en methoden

Het zaad van Rhinanthus angustifolius (Grote ratelaar), vóór Top 1983, was afkomstig uit Smalbroek (Drenthe) en werd door middel van stratificatie (2 maanden bij 4°C) tot kieming gebracht. Ook de twee gastheren Lolium perenne (handelszaad, weidetype) en Deschampsia flexuosa (handelszaad Fa. Kieft 1978) werden voorgekiemd (20°C) waarna kiemplantjes van gelijke grootte gebruikt werden voor de proef.

De planten werden gekweekt in een voedingsoplossing met 4 verschillende K-concentraties: 0.23, 2.34, 23.4 en 234 ppm K uitgaande van Hoagland sterkte (234 ppm). N en P concentraties werden constant gehouden op resp. 35 en 26 ppm. De osmotische waarde was 0.48 atm. bij 20°C (theoretische waarde bij 20 mg-ion/l). De pH werd op 5.5 gesteld met geconcentreerd H_2SO_4. Voor de precieze samenstelling zie Bijlage V.

De planten werden gekweekt in plastic 6.5 cm potten. Negen van zulke potten werden in een teil (30·30·15 cm) geplaatst. Elke pot bevatte steenwol waarin twee kiemplanten van een gastheer geplaatst werden. Na 6 weken werden hierin 4 voorgekiemde zaden van de Ratelaar geplaatst. Uitdunning tot 2 planten gebeurde na twee weken.

De voedingsoplossing werd geëereerd en wekelijks ververst.

Het experiment werd in viervoud in een klimaatkamer uitgevoerd waarin dezelfde condities heersten als beschreven in hoofdstuk 2. Ook hier voorkwam rouleren een ongelijke standplaats wat lichthoeveelheid betreft.

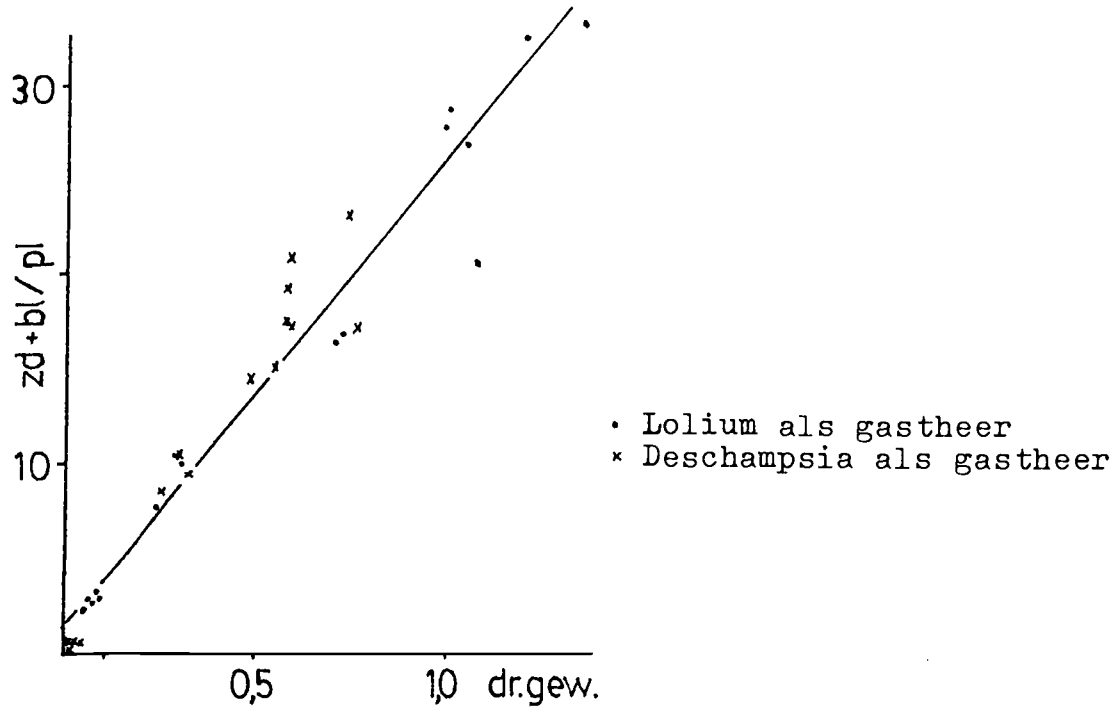
De spruit van de gastheren werd wekelijks afgeknipt om lichtconcurrentie (beschaduwing) te voorkomen. Na 8 weken (14 weken voor de gastheren) werd geoogst en werden de spruiten van de gast en gastheer gedroogd (oven 70°C) en gewogen. Tevens werden de bloemen en de zaaddozen van de Ratelaar geteld.

Van de spruiten werd bovendien nog het N-gehalte m.b.v. de Kjehldahl-methode (Wieninger 1936), het P-gehalte m.b.v. de colorimetrische molybdaatmethode (Murphy en Riley 1962) en het K, Ca en Mg-gehalte met atomaire vlamabsorptiespectrofotometrie bepaald.

4.2 Resultaten en discussie

Zaaddoos/bloemproduktie versus drooggewicht

Figuur 1 geeft de zaadoos/bloemproduktie van de Ratelaar uitgezet tegen het drooggewicht. Dit geeft een lineair verband met een correlatiecoëfficiënt van 0.97. De vergelijking van de lijn luidt y=1.31+24.68x. Het is dus mogelijk in onderstaande tabellen beide gegevens te gebruiken.



Figuur 1. Drooggewicht van de Ratelaar gekweekt op twee verschillende gastheren uitgezet tegen het aantal zaaddozen + bloemen per Ratelaarplant

Zaaddoos/bloemproduktie versus K-concentratie

Tabel 3 geeft de zaaddoos/bloemproduktie en het drooggewicht van de Ratelaar en de beide grassen (alleen drooggewicht) bij de vier verschillende K-concentraties. Deze tabel geeft een maximum in de zaaddoos/bloemproduktie van de Ratelaars bij 23.4 ppm K. De produktie is echter in het geval van Lolium perenne als gastheer ongeveer anderhalf maal zo hoog. Lolium is dus inderdaad een betere gastheer dan Deschampsia flexuosa.

Voor beide gastheren geldt een toename in het drooggewicht bij een toenemende K-concentratie. De drooggewichtopbrengst van Lolium is echter meer dan tweemaal zo groot dan bij Deschampsia.

Tabel 3. K-concentratie vs. droggewicht (dw) van Rhinanthus, Lolium en Deschampsia. K-concentratie vs. zaaddozen/bloemen (zd/bl) van de Ratelaar. Waarden ± s.e.

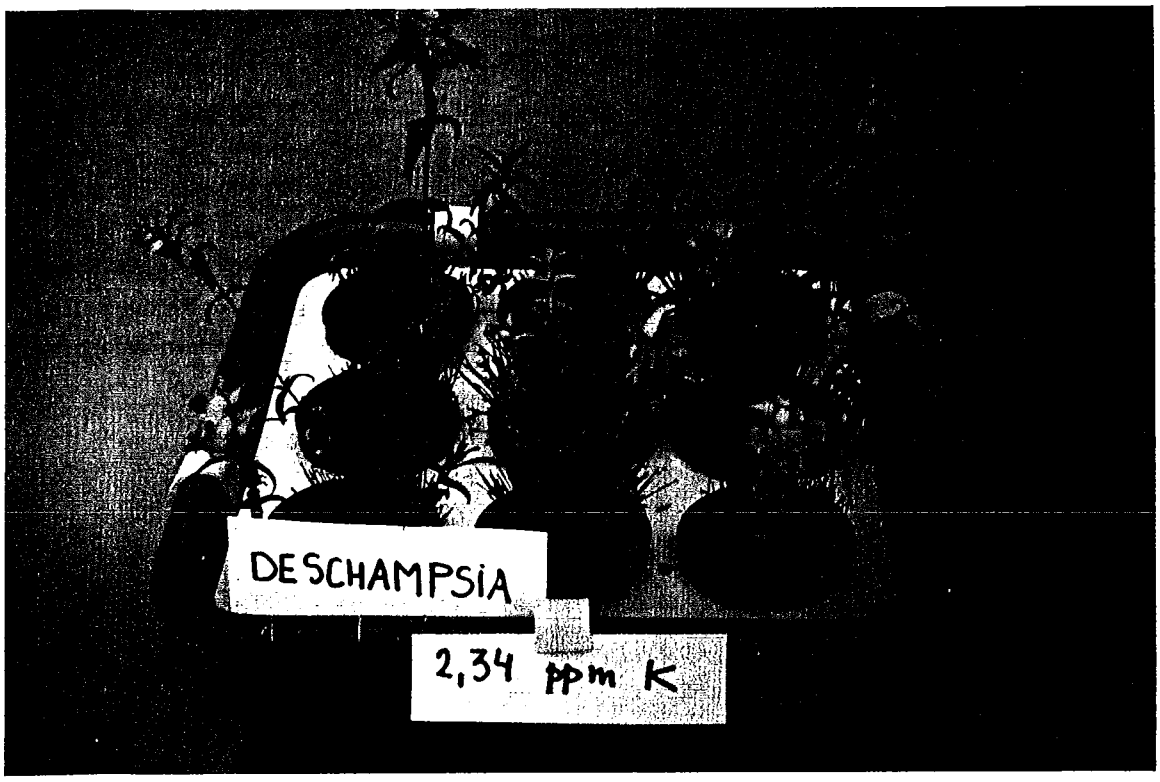
K	Rhin.(lol.)		Rhin.(Desch.)		Lolium	Desch.
ppm	dw gr/pl	zd/bl	dw	zd/bl	dw	dw
0.234	0.087±0.011	2.85±0.41	0.026±0.010	0.65±0.11	0.68±0.062	0.52±0.016
2.34	0.24 ±0.036	7.65±1.08	0.32 ±0.030	9.74±0.80	1.61±0.062	0.93±0.068
23.4	1.09 ±0.12	27.74±2.89	0.61 ±0.057	19.26±1.64	3.35±0.135	1.39±0.035
234	0.99 ±0.13	23.65±3.65	0.56 ±0.051	17.07±1.50	3.83±0.204	1.48±0.050

De foto's 1 t/m 4 geven de Ratelaar te zien met Deschampsia flexuosa bij vier verschillende K-concentraties. Foto 5 geeft 4 'representatieve' potjes waarop de wortellengte en -grootte te zien is. Foto's 6 t/m 10 geven dezelfde beelden te zien maar nu met Lolium als gastheer. Alle foto's zijn na ongeveer 6 weken genomen. De foto's 1 t/m 4 en 7 t/m 10 geveh een kwalitatief beeld van de Ratelaar zoals dat kwantitatief uitgedrukt is in Tabel 3. Het verloop van de wortellengte en -grootte komt goed overeen met de spruitgegevens, ook al ontbreken de kwantitatieve gegevens doordat het onmogelijk was de wortels van de gast en gastheer te scheiden.

Wegens plaatsgebrek is geen experiment uitgevoerd met de Ratelaar zonder gastheer ('blanco'). Maar uit gegevens van De Hullu (1985) blijkt dat voor een N- en P-reeks geldt dat de traag groeiende soort (Deschampsia flexuosa in de P-serie en Festuca ovina in de N-serie) eenzelfde groei heeft als de Ratelaar zonder gastheer. Hier heeft de gastheer dus geen of weinig invloed op de parasiet. Alleen de nutriënten in de voedingsoplossing zijn blijkbaar van belang. Waarschijnlijk kan dus gesteld worden dat de groei van de Ratelaar met Deschampsia flexuosa in de K-reeks gelijk is aan de blanco, zodat de meergroei zoals die in de K-reeks van de Ratelaar met Lolium wordt waargenomen grotendeels te danken is aan de gastheer.

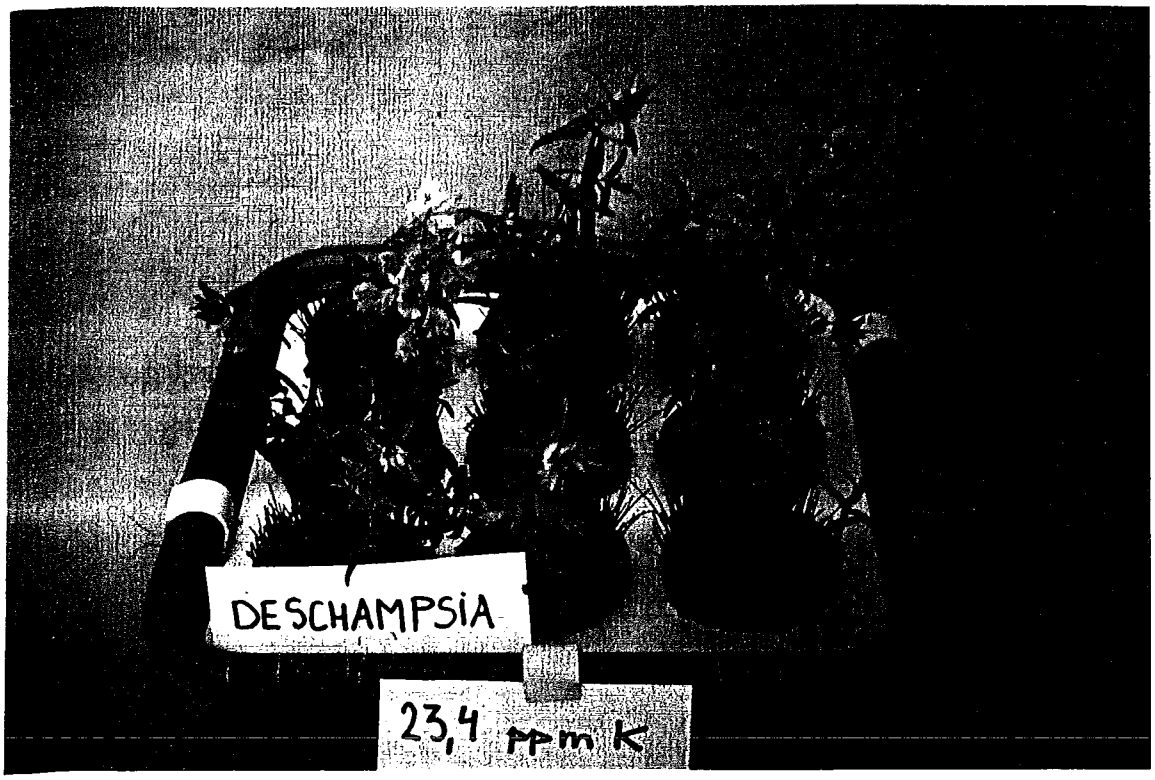
Wanneer de groei in K-reeks (Tabel 3) vergeleken wordt met de groei in de N- en P-reeks (De Hullu 1985) dan blijkt de stimulatie in het aantal zaaddozen/bloemen bij de K-reeks met Lolium nog iets groter te zijn dan bij de N-reeks en veel groter dan bij de P-reeks met Lolium. Kalium heeft dus ook een grote invloed op de groei van de Ratelaar. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met een hogere lichtintensiteit in dit experiment vergeleken met De Hullu (1985)(resp. 390 en 320 W/m^2).

1

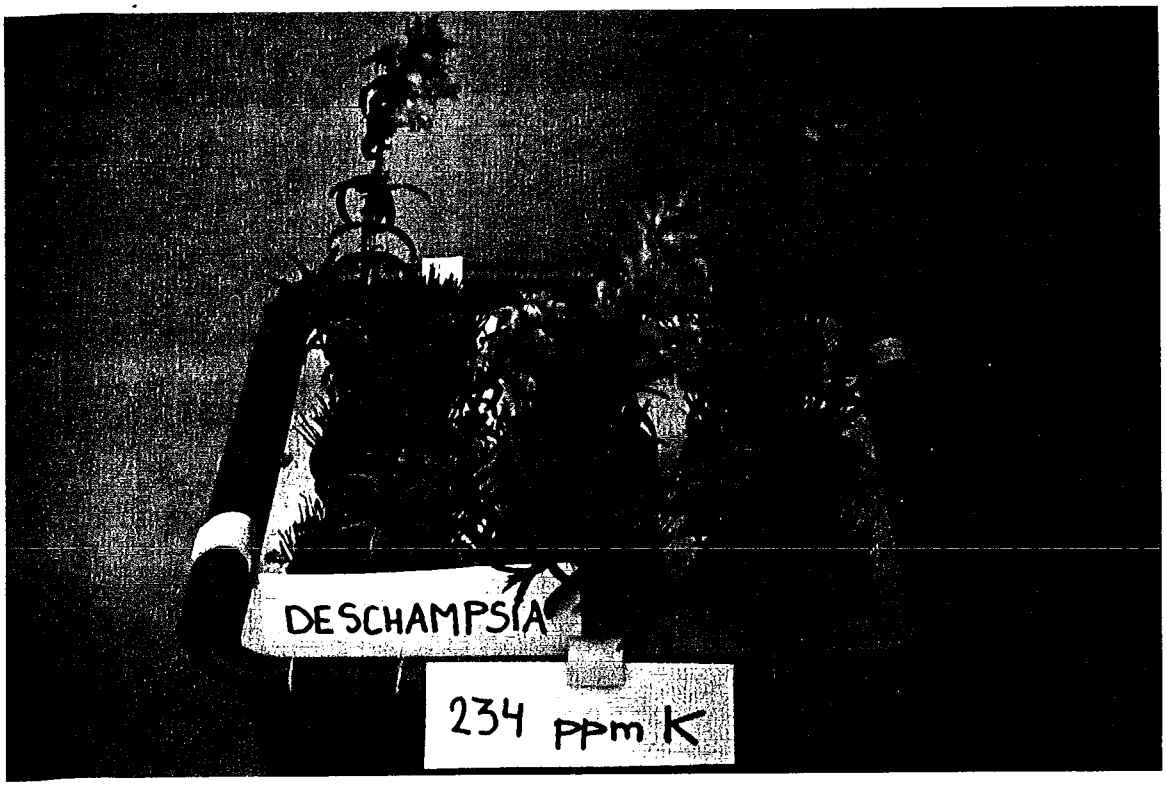


2

Foto's 1 en 2. Rhinanthus angustifolius met als gastheer Deschampsia flexuosa gekweekt op twee verschillende voedingsoplossingen.
(1) K-concentratie 0.234 ppm K, (2) 2.34 ppm K.

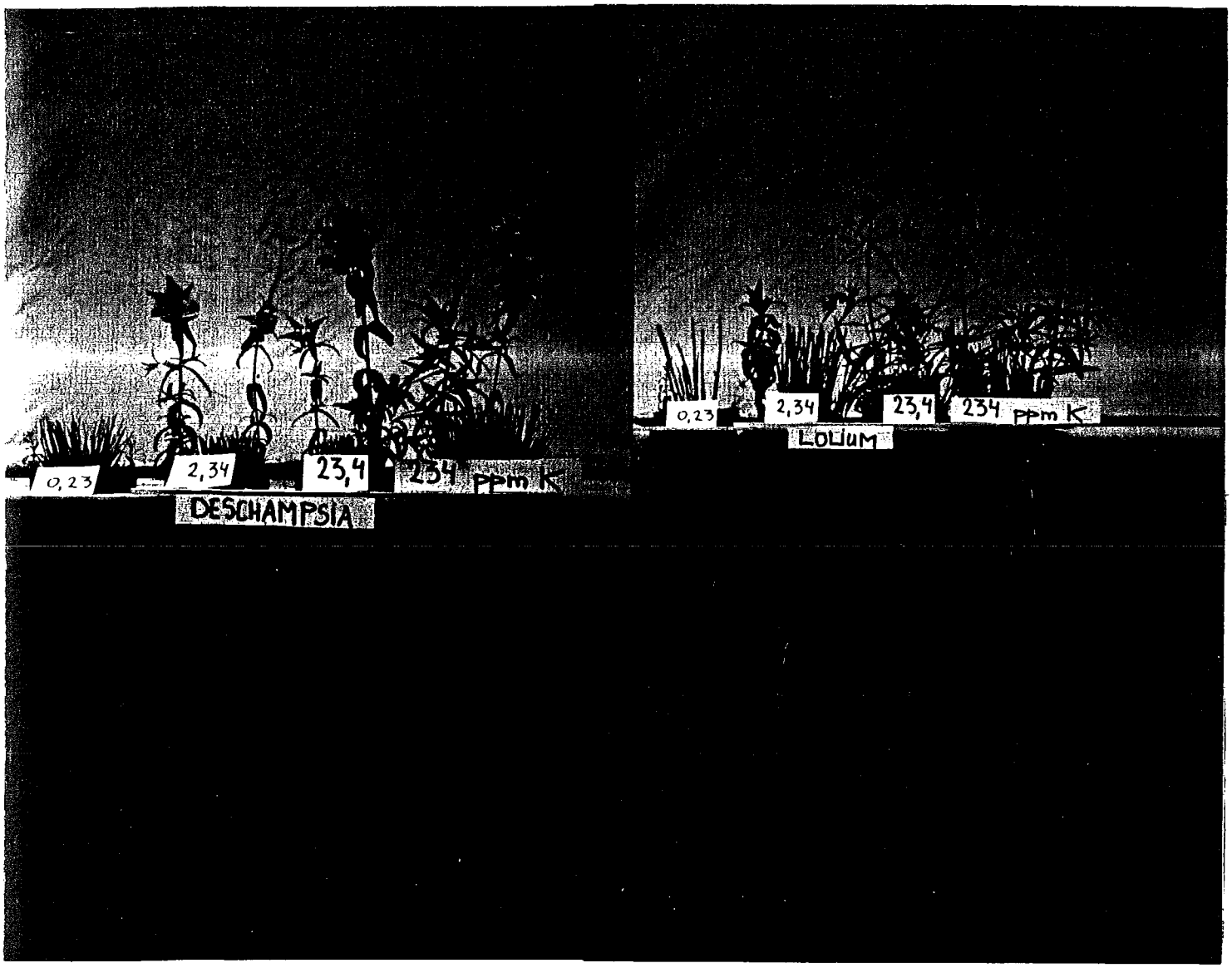


3



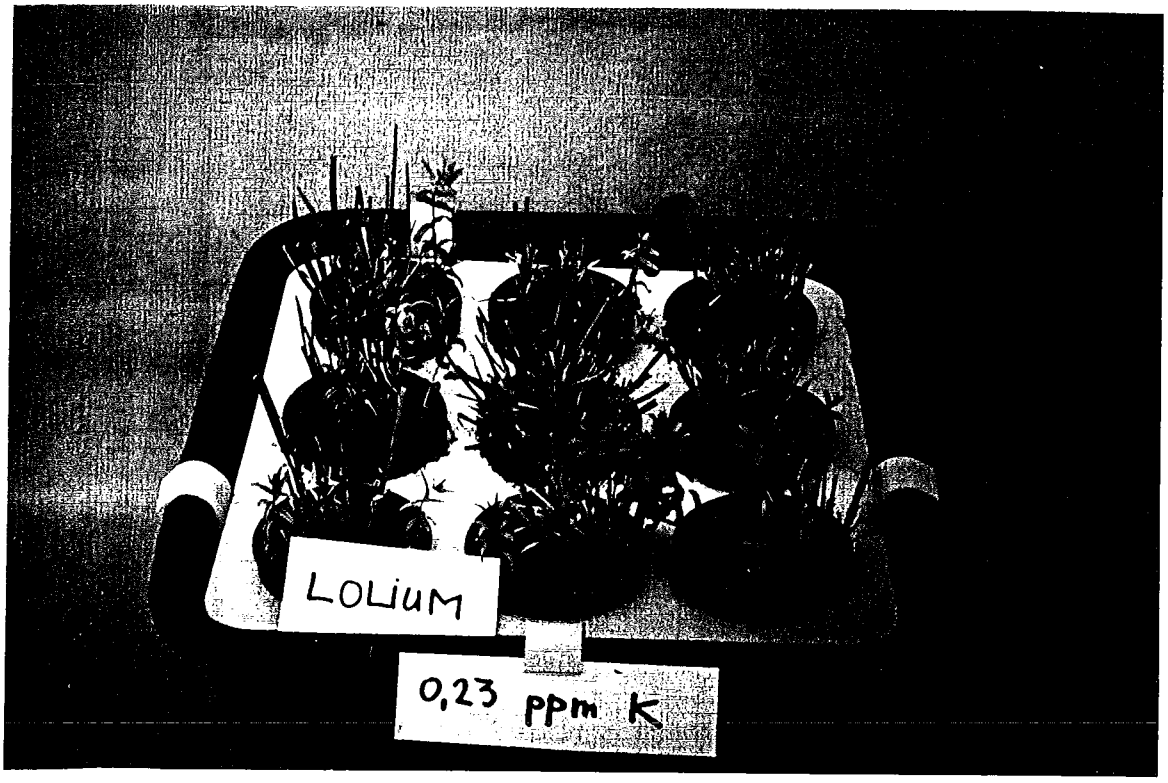
4

Foto's 3 en 4. Idem Foto's 1 en 2, maar nu bedraagt de K-concentratie (3) 23.4 en (4) 234 ppm K.

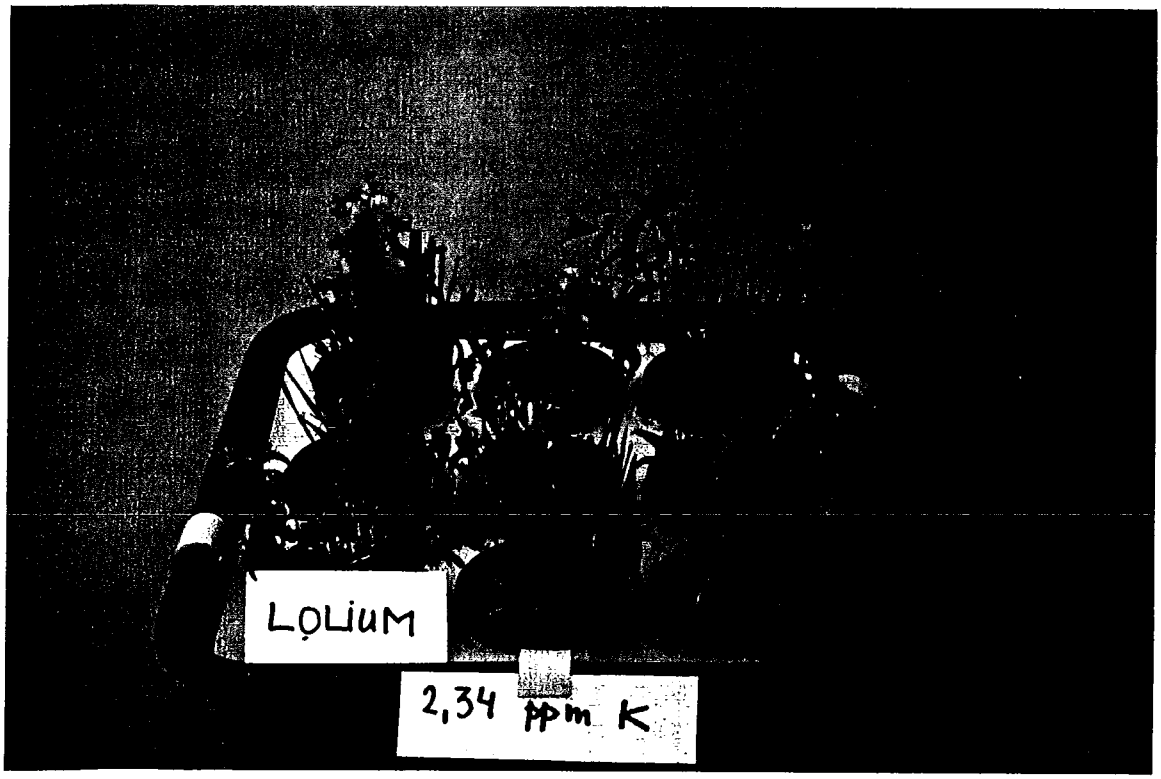


5 6

Foto's 5 en 6. Hierop is het verloop van de wortelgroei in de K-reeks te zien. Gast is in beide gevallen Rhinanthus angustifolius en gastheer Deschampsia flexuosa (5) en Lolium perenne(6).

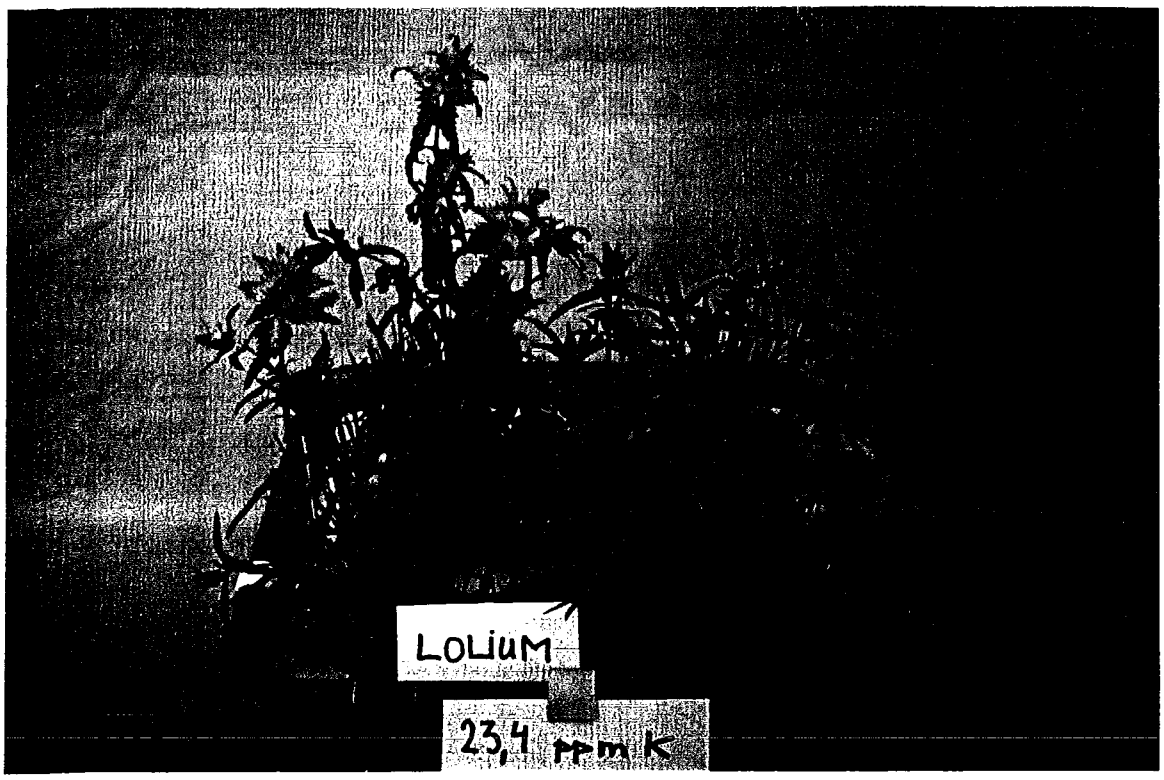


7

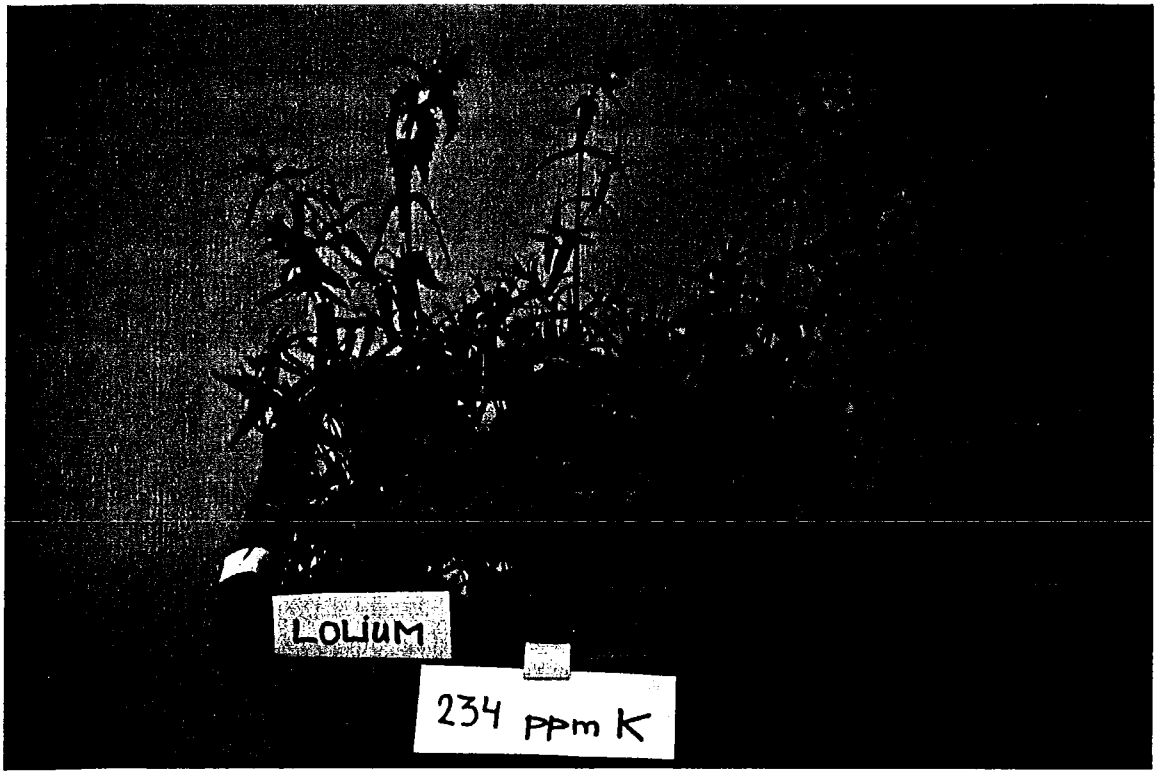


8

Foto's 7 en 8. Rhinanthus angustifolius met als gastheer Lolium perenne gekweekt op twee verschillende voedingsoplossingen.
(7) 0.234 en (8) 2.34 ppm K.



9



10

Foto's 9 en 10. Idem Foto's 7 en 8 maar nu (9) 23.4 en (10) 234 ppm K in de voedingsoplossing.

C h e m i s c h e a n a l y s e s

Tabel 4 geeft de resultaten van de chemische analyses van de spruiten van de parasiet en beide gastheren. Het K-gehalte geeft voor alle 4 groepen planten een oplopende reeks te zien bij eveneens oplopende K-concentratie in de voedingsop-

Tabel 4. N-totaal, P-totaal, K, Ca en Mg-concentraties van de spruit van de Ratelaar en de twee gastheren bij 4 verschillende K-concentraties (meq/kg drooggew.).

K ppm	N-tot. meq/kg	P-tot.	K	Ca	Mg
Rhinanthus (Deschampsia)					
0.234	2367±31	305±5.6	41±3.5	1108±24	564±7.8
2.34	1840±24	191±4.1	88±1.0	647±21	355±9.6
23.4	1850±21	167±6.1	355±11.1	534±20	211±7.7
234	2073±61	181±2.2	563±17.6	444±13	179±4.0
Rhinanthus (Lolium)					
0.234	2628±43	284±4.5	64± 3.3	933±28	432±12.6
2.34	2371±69	251±9.2	88± 3.0	778±47	373±18.3
23.4	1962±54	183±4.1	214± 8.3	579±22	265± 8.3
234	2019±56	184±3.3	576±18.4	438±11	201± 6.3
Deschampsia flexuosa					
0.234	2070±11	236±8.2	41± 1.1	253±12	287± 6.4
2.34	1815± 8	143±4.3	76± 1.0	247±11	215± 5.2
23.4	1950±36	139±2.0	340± 6.4	151± 9	100± 2.7
234	2018±47	147±4.4	432± 6.0	131± 6	87± 2.8
Lolium perenne					
0.234	4078±16	277±4.9	34± 0.9	588±23	380± 5.1
2.34	3995±50	253±3.2	58± 0.5	485± 5	331± 7.2
23.4	3753±56	228±4.6	228± 8.5	470±12	333± 5.9
234	3585±28	210±3.8	769±12.0	431±18	263±10.3

lossing. Het gehalte in de 2 'soorten' Ratelaars verschilt nauwelijks maar het K-gehalte in Lolium is bijna tweemaal zo hoog dan het gehalte in Deschampsia (bij 234 ppm K).

Het verloop van de N- en P-gehaltes vertoont een minimum bij 2.34 of 23.4 ppm K, behalve bij Lolium waar bij 234 ppm K de laagste waarde wordt gevonden. Het P-gehalte in de Ratelaars is ongeveer even groot, de concentratie in Deschampsia is iets kleiner en in Lolium iets groter dan in de Ratelaars. Het N-gehalte van de Ratelaars en van Deschampsia is ongeveer even groot, maar in Lolium bijna tweemaal zo hoog.

Ca en Mg vertonen bij alle vier de plantengroepen een afname in het spruitgehalte, terwijl de K-concentratie toeneemt.

Het Ca- en Mg-gehalte in de Ratelaars blijkt veel hoger te zijn dan in de resp. gastheren. Tussen de twee groepen Ratelaars wordt nauwelijks verschil gevonden, maar Lolium heeft een ca. tweemaal zo hoog Ca- en Mg-gehalte dan Deschampsia.

Bij de twee laagste K-concentraties is het spruitgehalte van kalium het laagste, terwijl de andere elementen daarentegen bij 0.234 ppm K hun hoogste waarde hebben (zie Tabel 4). Dit betekent dat K de beperkende factor is bij de twee laagste concentraties. Wanneer de K-concentratie hoger wordt dan nemen de N- en P-concentraties in de spruit niet verder meer af en stijgen zelfs weer bij 234 ppm K.

Onbekend bij al deze resultaten is echter de invloed van het wekelijks afknippen van de spruit van beide grassen op de opname van mineralen uit de voedingsoplossing. Enerzijds kan gesteld worden dat er telkens nieuwe, jonge spruiten gevormd worden die een relatief hoge concentratie mineralen bevatten, anderzijds is het bekend dat door afknippen van de spruit tot één derde van het wortelstelsel af kan sterven en daardoor wordt de opname van de mineralen verlaagd. In een natuurlijke situatie worden de planten niet afgeknipt, in de klimaatkamer echter is afknippen een noodzaak om de groei van de Ratelaar niet te belemmeren door overschaduwing door de grassen. Bovendien is het waarschijnlijk dat Lolium en Deschampsia niet hetzelfde reageren op afknippen. Deschampsia is een langzame groeier en zal zich dus niet zo snel herstellen dan Lolium.

S l o t o p m e r k i n g e n

Bij de K-concentraties die in dit experiment gebruikt zijn is gebleken dat Lolium perenne inderdaad een betere gastheer is dan Deschampsia flexuosa, dus de gastheerkwaliteit wordt in ieder geval bepaald door de groei van de gastheerplant. Hier wordt aangenomen dat een snellere, produktievere groei betekent dat het een kwalitatief betere plant is.

Nu blijkt dat ook kalium van invloed is op de groei van de Ratelaar is het misschien goed om een N-, een P- en een K-reeks op een dusdanige manier te onderzoeken dat ze ook goed met elkaar vergeleken kunnen worden (dus in ieder geval onder

dezelfde omstandigheden, gelijktijdig). De hier onderzochte K-reeks kon niet op een goede manier met de N- en P-reeksen vergeleken worden.

Verder had uit dit onderzoek moeten blijken dat effectieve stikstoffixatie de gastheerkwaliteit verhoogt. Dit zou dan in dubbel opzicht betekenis gehad hebben want naast een betere N-beschikbaarheid zou ook de beschikbaarheid van fosfaat voor de Ratelaar toenemen. Dit is echter niet gebleken uit dit onderzoek, waarvan het feit dat er te weinig goede resultaten waren de oorzaak was. Dit zou beter bestudeerd moeten worden. Enkele suggesties voor verder onderzoek naar het P-ontsluitend vermogen worden in de twee vorige hoofdstukken vermeld.

HOOFDSTUK VIJF
LITERATUUR

Anguilar Santelises, A. (1981) Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. Thesis, Wageningen.

Anguilar S.,A. en A. van Diest (1981) Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. Plant and Soil 61: 27 - 42.

Borg, S.J. ter (1972) Variability of Rhinanthus serotinus (Schönh) in relation to the environment. Ph. D. Thesis, Groningen.

Bradshaw, A.D., Chadwick, M.J., Jowett, D. en R.W. Snaydon (1964) Experimental investigations into the mineral nutrition of several grass species. IV Nitrogen level. J. Ecol. 52: 655 - 676.

Dean, L.A. en M. Fried (1953) Soil-plant relationships in phosphorus nutrition of plants. In: Pierre, W.H. en A.G. Horman (eds.). Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition: 43 -48. Agron. Mon. IV Academic Press, New York.

De Hullu, E. (1984) The distribution of Rhinanthus angustifoliu in relation to host plant species. In: C. Parker, L.J. Musselman, R.M. Polhill en A.K. Wilson (eds.), Proceedings of the Third International Symposium on parasitic Weeds, pp. 43 - 53. Icarda 77-9 Mei 1984. Aleppo, Syrië.

De Hullu, E. (1985) Population dynamics of Rhinanthus angustifolius in a succession series. Ph. D. Thesis, Groningen.

Deist, J., Marais, P.G., Farry, R.B.A. en C.F.G. Heyns (1971) Relative availability of rock-phosphate to different plant species. Agrochemophysica 3: 35 - 40.

Dunlop, J., Glass, A.D.M. en B.D. Tomkins (1979) The regulation of K^+ uptake by ryegrass and white clover roots in relation to their competition for potassium. Austr. J. Agr. Res. 20: 999 - 1007.

Israel, D.W. en W.A. Jackson (1978) The influence of nitrogen nutrition on ion uptake and translocation by leguminous plants. In: Andrew, C.S. en E.J. Kamprath (eds.), Mineral nutrition in tropical and subtropical soils: 113 - 129 C.S.I.R.O., Australia.

Jarvis, S.C. en A.D.Robson (1983) Acomparision of the cation/ anion balance of ten cultivars of Trifolium subterraneum L., and their effects on soil acidity. Plant and Soil 75: 235 - 243.

Klaren, C.H. (1975) Physiological aspects of the hemiparasite Rhinanthus serotinus. Ph. D. Thesis, Groningen.

Kuiper, D. en J. Sikkema (1978) Onderzoek naar de reproduktiestrategiëen bij een aantal 1-jarige planten. Doct. Verslag Pl. Oec., R.U.Groningen.

Mizianty, M. (1975) Influence of Rhinanthus serotinus (Schönh.) Oborny on the productivity and floristic composition of the meadowplant association. Fragm. flor. geobot. 21: 491 - 505.

Muller, A. (1979) Deficiency symptoms in cacao seedlings observed in pot experiments with the Bouma-Janssen method. Neth. J. of Agric. Sc. 27: 211 - 220.

Murphy, J. en J.P. Riley (1962) A modified single solution method for the determination of phosphorus in natural water. Anal. Chim. Acta 27: 31 - 36.

Nyatsanga, T. en W.H. Pierre (1973) Effect of nitrogen fixation by legumes on soil acidity. Agron. J. 65: 936 - 940.

Ray, B. en A. van Diest (1979) Utilization of phosphate from different sources by six plant species. Plant and Soil 51: 577 - 589.

Rorison, I.H. (1969) The response to phosphorus of some ecological distinct plant species. I. Growth rate and phosphorus absorption. New Phytol. 67: 913 - 923.

Sloger, C. (1969) Symbiotic effectiveness and N_2-fixation in nodulated soybean. Plant Physiol. 44: 1666 - 1668.

Wieninger, F.M. (1936) Nachtrag zur Schnellstickstoffbestimmugsmethoden mit Silen als Beschleuniger. Wochenschrift für die Brauerei. 53: 251 - 252.

Wild, A., Skarlou, V., Clement, C.R. en R.W. Snaydon (1974) Comparision of potassium uptake by four plant species grown in sand and in flowing solution culture. J. appl. Ecol. 11: 801 - 812.

BIJLAGEN

Bijlage I. Nutriëntenmengsel volgens Jarvis en Robson (1971) echter zonder KH_2PO_4 en $CoSO_4.7H_2O$, maar met $CoCl_2.6H_2O$ en Fe(III)citraat. Dit mengsel wordt aan 1 kg droge grond toegevoegd, tijdens het 1ste P-ontsluitings-experiment.

145	mg	K_2SO_4
25.6		$CaCl_2.2H_2O$
5		$CuSO_4.5H_2O$
10		$ZnSO_4.7H_2O$
9.2		$MnSO_4.H_2O$
0.36		$CoCl_2.6H_2O$
20		$MgSO_4.7H_2O$
0.83		H_3BO_3
0.67		$Na_2MoO_4.2H_2O$
0.7		Fe(III)citraat

Bijlage II. Chemische samenstelling van de drie gebruikte ruw fosfaatsoorten (in %).

	Youssouffia (Marokko)	Pebble (Florida)	Thies (Senegal)
vocht	1.5	2.0	0.4
$Ca_3(PO_4)_2$	65.9*	67.9*	80.8*
P_2O_5	30.2	31.1	37.0
Fe_2O_3	0.2	0.93	1.1
Al_2O_3	0.49	1.4	2.4
F	4.3	4.2	4.1
SiO_2·tot	3.5	6.6	3.3
SiO_2·act	1.0	1.0	-
CO_2	6.5	3.4	1.9
Cl	0.02	-	-
CaO	49.9	45.7	49.7
Na_2O	0.78	-	0.09
K_2O	0.08	-	0.04
MgO	1.18	-	0.03
SO_4	1.4	-	0.01

*berekend uit % P_2O_5

Bijlage III. P-deficiënte voedingsoplossing gebruikt bij het Bouma-Janssen dubbele pot experiment, volgens Sloger (1969) echter zonder K_2HPO_4 en Fe-chelaat sequestreen maar met FeEDDHA.

0.88 mM $MgCl_2.6H_2O$
1.0 $MgSO_4.7H_2O$
0.5 K_2SO_4
0.05 ml/l sporenelementen
0.02 FeEDDHA-opl. (=62.5 mg/l)
2 of
56 ppm NH_4NO_3-N

Bijlage IV. Drooggewichten (DW) van 5 verschillende planten (in gr/pl, 4de kolom) gekweekt op 2 N- en 2 P-bronnen. Kolom 5 geeft de pH-daling per Bouma-Janssen pot. Kolom 6 geeft een kwalitatieve beoordeling van de wortels (-: geen wortelgroei in de onderste pot; 0: net wel/niet; +: wortelgroei in de voedingsoplossing). Gegevens per Bouma-Janssen pot, niet gemiddeld.

Plant	N-bron	P-bron	DW	(aantal)	pH	Wortels
Fagopyrum	nitraat	RP	2.30	(8)	0.10	+
			1.67	(7)	2.50	+
			1.62	(4)	1.70	+
		CP	0.07	(5)	1.95	0
			1.14	(6)	1.35	0
			0.32	(6)	0.20	0
Lupinus	nitraat	RP	1.31	(6)	0.65	-
			1.45	(5)	0.20	-
			0.72	(7)	1.85	-
		CP	1.11	(6)	3.35	-
			1.36	(6)	0.75	0
			0.96	(6)	2.50	-
	N_2	RP	0.41	(5)	0.45	-
			0.25	(6)	0.65	-
			0.44	(7)	0.60	-
		CP	0.30	(7)	0.30	-
			0.42	(7)	0.90	-
			0.29	(7)	-0.15	-
Trifolium	nitraat	RP	0.01	(10)	1.95	-
			0.12	(8)	0.85	-
			0.53	(6)	0.10	-
		CP	1.11	(9)	1.65	-
			0.79	(11)	1.65	-
			1.24	(5)	1.15	-
	N_2	RP	0.32	(6)	0.05	-
			0.58	(8)	-0.45	0
			0.22	(7)	1.25	0
		CP	0.78	(9)	2.00	-
			1.07	(9)	0.40	0
			1.20	(9)	2.55	-
Anthyllis	nitraat	RP	0.29	(8)	-0.55	-
			0.24	(9)	1.40	-
			0.47	(9)	1.30	0
		CP	0.03	(11)	0.75	-
			0.04	(10)	1.60	-

(vervolg Bijlage IV)

Plant	N-bron	P-bron	DW (aantal)	pH	Wortels
Anthyllis	nitraat	RP	0.29 (8)	-0.55	-
			0.24 (9)	1.40	-
			0.47 (9)	1.30	0
		CP	0.03 (11)	0.85	-
			0.04 (10)	1.60	-
			0.50 (9)	1.05	-
	N_2	RP	0.03 (12)	0.15	-
			0.02 (10)	0.60	-
			0.03 (9)	0.05	-
		CP	0.05 (12)	2.15	-
			0.12 (12)	2.35	0
			0.10 (8)	0.00	-
Ornithopus	nitraat	RP	0.01 (10)	0.40	-
			0.26 (6)	0.05	0
			0.02 (12)	0.65	-
		CP	0.01 (12)	0.40	-
			1.26 (8)	3.05	+
			1.35 (7)	0.30	+
	N_2	RP	0.02 (10)	0.00	-
			0.10 (12)	0.60	0
			0.02 (8)	0.40	-
		CP	0.04 (11)	-0.20	0
			0.10 (8)	0.05	+
			1.85 (5)	-0.05	0

Bijlage V. Samenstelling van de vier verschillende K-concentraties gebruikt voor de K-reeks. In mM (Va) en ppm (Vb).

Va.	K-concentratie (ppm)			
	234	23.4	2.34	0.234
NH_4NO_3	0.77	0.77	0.77	0.77
KH_2PO_4	0.84	-	-	-
K_2SO_4	2.34	0.34	0.033	0.003
KNO_3	0.97	-	-	-
KOH	0.25	-	-	-
$NaH_2PO_4.H_2O$	-	0.85	0.85	0.85
Na_2SO_4	-	1.13	1.47	1.47
$NaNO_3$	-	0.97	0.97	0.97
NaOH	-	0.25	0.25	0.25
$Ca(NO_3)_2$	3.25	3.25	3.25	3.25
$MgSO_4$	1.44	1.44	1.44	1.44

H_2SO_4 en/of NaOH worden gebruikt om de pH op 5.5 in te stellen.

Vb. Samenstelling voedingsoplossing K-reeks in ppm.

	234 ppm K	23.4	2.34	0.234	bron
K	32.7	-	-	-	KH_2PO_4
	182.5	26.6	2.66	0.26	K_2SO_4
	37.8	-	-	-	KNO_3
	9.7	-	-	-	KOH
K-tot	262.7	26.6	2.66	0.26	
N	21.6	21.6	21.6	21.6	NH_4NO_3
	13.6	-	-	-	KNO_3
	-	13.6	13.6	13.6	$NaNO_3$
N-tot	35.2	35.2	35.2	35.2	
P	26.0	-	-	-	KH_2PO_4
	-	26.3	26.3	26.3	$NaH_2PO_4.H_2O$
P-tot	26.0	26.3	26.3	26.3	
S	74.8	10.9	1.1	0.1	K_2SO_4
	-	36.2	47.1	47.1	Na_2SO_4
	46.2	46.2	46.2	46.2	$MgSO_4$
S-tot	121.0	93.3	94.4	93.4	
Ca	130.3	130.3	130.3	130.3	$Ca(NO_3)_2$
Mg	35.0	35.0	35.0	35.0	$MgSO_4$